تقييم الوحدات البنائية الطابوقية بواسطة الأمواج فوق الصوتية

د. زين العابدين رؤوف
دكتوراه مواد إنشائية
كلية الهندسة/جامعة بغداد

حسن جاسم محمد
ماجستير إنشاءات
كلية الهندسة/جامعة تكريت

عمار سليم خزعل
ماجستير تربة و أسس
كلية الهندسة /جامعة تكريت

الخلاصة

تم أجراء دراسة مختبريه موسعة لتقييم الوحدات البنائية الطابوقية بصورة منفردة ، ومن ثم لمواشير تم بناؤها من هذه الوحدات وذلك باستخدام قدرة الأمواج فوق الصوتية كفحص غير اتلافي . وكانت النتائج تشير إلى أن سرعة الذبذبة تزداد مع زيادة مقاومة الانضغاط وكذلك بزيادة عمر المنشأ .من هذا البحث يمكن تحديد مقاومة أنضغاط الوحدة البنائية برسم منحني لمدى زمن معين من خلال استخراج معادلة المنحني وبذلك يمكن تحديد مقاومة أنضغاط العينة البنائية على سبيل المثال الطابوق من خلال سرع الأمواج فوق الصوتية من دون الحاجة إلى فحص اتلافي.

الكلمات الدالة

المقدمة

لقد كان الطابوق من أولى الإسهامات للحضارة العراقية ،ولا يزال يعد من مواد البناء الرئيسية للأبنية واطئة الكلفة في القطر . وبالرغم من الخبرة الطويلة في هذا المجال فأن الطابوق الموجود حاليا"غير صالح من عدة نواحي منها التزهر (الشورة) وشقوق الانكماش . الطابوق المستخدم في الأبنية الأثرية القديمة مثل مدينة بابل وأور يبدو بحالة افضل ولايعاني من المشاكل آنفة الذكر، وكأن التزهر قد اختفى أو تلاشى على مر العصور والأزمنة. ثمة سؤال يطرح نفسه هل أن الملك حمورابي قد واجه نفس المشاكل أثناء بناء قصور المملكة [20].

اكثر من مليار وثلاثمائة مليون طابوقة تنتج سنويا".الطابوق اليدوي لازال ينتج،حيث يعبأ في خانات مستطيلة هي جزء من المعمل البدائي الذي هو عبارة عن نفق مقسم إلى خانات مستطيلة،لها فوهات من الجوانب و الأعلى،يتم امرار النار من خلالها لغرض حرق الطابوق، وجدران هذه الغرف يتم بناؤها من الطابوق الناري،الطابوق المنتج في المعامل البدائية هو من نوع الطابوق الصلد، حيث لايتم بثق أو تثقيب الطابوق،هذه المعامل تعمل بمدى زمني يتراوح ما بين 180 –200 يوم خلال السنة،وأنتاجها يقارب 40 % من إنتاج الطابوق الكلي في القطر.يتم تجفيف الطابوق بوضعه على الأرض ويكون عادة بنوعية رديئة.أما بالنسبة للطابوق المنتج بطرق حديثة،يتم استخدام المعدات الميكانيكية في عملية قلع التربة. حيث يتم نقل التربة عبر أحزمة ناقلة إلى على عربات محمولة على سكة حديدية.بعض المعامل تستخدم طريقة الكبس الجاف والبعض الآخر يستخدم طريقة البثق .أبعاد الطابوق متغايرة حيث تتراوح مابين 23–24 سم للطول،و 11–11,5 سم للعرض، و 6,5–7,5 سم للسمك[4] .

الهدف من البحث

استخدام سرع الأمواج فوق الصوتية والذي يعد من الفحوص غير الاتلافية الأكثر ملائمة في عملية الفحوصات وإجراء دراسة مختبريه موسعة لتقييم قدرة الموجات فوق الصوتية كفحص غير اتلافي للوحدات البنائية الطابوقية بصورة منفردة ،ومن ثم لمواشير تم بناؤها من هذه الوحدات.تم استخدام نوعين من الطابوق صلد ومثقب مع نسب مختلفة من خلطة المونة.لقد تم تقسيم العمل إلى جزأين ،في الجزء الأول تم إجراء فحوص الوحدات البنائية منفردة ،بينما في الجزء الثاني تم إجراء فحوص مجاميع الوحدات البنائية ، في كلا الجزأين ، تم إجراء الفحوصات غير الاتلافية أولا"، ومن ثم الفحوصات الاتلافية .أخيرا"،نتائج هذه الدراسة المختبرية سوف تعطي مؤشرا" عن قدرات الأمواج فوق الصوتية لتقييم الوحدات البنائية الطابوقية أو مستقبليا" الجدران المبنية من هذه الوحدات.

المبدأ الأساسي لسرع الأمواج فوق الصوتية

الفرق الواضح بين الصوت المسموع وغير المسموع،هو أن الأخير لا تستطيع أن تدركه الأذن البشرية.الجانب النظري الذي يتعلق بانتشار الأمواج فوق الصوتية هو نفسه بالنسبة للأمواج الصوتية والذي يمكن أن يوجد بسهولة في أي كتاب مقرر عن الصوتيات.الصوت يمكن توليده خلال المادة كنتيجة لأي تخلخل ميكانيكي،مثلا"طرق كرة معينة أو انفجار .من ناحية أخرى،التخلخل ممكن أن يحدث نتيجة لموجات مستمرة من الذبذبات ربما نتيجة صوت معين أو العزف إلى آلة موسيقية أو حركة معينة لماكينة.في كل حالة سابقة يلاحظ أن مصدر الصوت هو حالة لاهتزاز معين[9]. نبضة الموجات (الاهتزازات) الطولية يمكن أن تولد بواسطة محول طاقة الإجهاد – الانفعال(Electro-acoustical)، يدعى الناقل (Transmitter) والذي يوضع بشكل ملاصق على سطح العينة تحت الفحص.بعد أن تنتقل خلال مسار معلوم طوله(L) يتم تحويلها إلى إشارة كهربائية بواسطة محول طاقة آخر يدعى المستلم (Receiver) .زمن الانتقال (T) يتم حسابه بواسطة دائرة عرض كهربائية محددة.

ترتيب محولات الطاقة

هنالك ثلاثة ترتيبات لمحولات الطاقة لقياس سرع الأمواج فوق الصوتية ، كما في الشكل (1) بوضعها بالأشكال التالية:**1**-بشكل اوجه متعاكسة ،الطريقة المباشرة (Direct Method).**2**-بشكل اوجه متجاورة ، الطريقة شبه المباشرة(Semi-direct Method).**3**-نفس الأوجه ، طريقة غير مباشرة (Indirect Method).
عموما" الطريقة المباشرة مفضلة أينما أمكن ذلك لتقييم نوعية المادة ، لان طاقة الانتشار العظمى لسرع الأمواج فوق الصوتية تنتقل بزاوية قائمة على سطح العينة تحت الفحص ، إضافة لذلك طول المسار الذي تنتقل فيه الموجة يكون معرف بسهولة ويمكن قياسه بدقة كافية.
الطريقة شبه المباشرة يمكن أن تستخدم عندما يكون طول المسار الذي تسلكه الموجة والزاوية بين محولات الطاقة ليست كبيرة.الطريقة غير المباشرة تحديدا" هي اقل إقناعا" ،لان سعة الإشارة المستلمة ربما تكون اقل من 3 % من مثيلتها في الطريقة المباشرة . وجود الفجوات والشقوق يؤثر على الإشارة المستلمة ، ولذلك عادة" تؤخذ سلسلة من القراءات، بتثبيت محول الطاقة الباعث عند موقع معلوم ، بينما يوضع محول الطاقة الآخر المستلم على بعد مسافات متساوية ومعلومة من محول الطاقة الأول،كما في الشكل(2).النتائج المستحصلة يمكن تمثيلها بيانيا"،معدل سرعة النبضة يمكن أن يمثل بأنه الميل(Slope) لافضل خط مستقيم يمر عبر هذه النقاط (النتائج)المستحصلة كما في الشكل(3).

ازدواج النبضة إلى داخل العينة

من اجل التأكد من أن الموجات فوق الصوتية المتولدة بواسطة محول طاقة الإجهاد-الانفعال الباعث (Transmitter) يمكنها أن تنتقل خلال العينة تحت الفحص ومن ثم يتم استشعارها من قبل محول الطاقة المستلم (Receiver) ،يجب وضع مادة ازدواج (Coupling) صوتية ملائمة بين سطح العينة وسطح محولات الطاقة.من المواد المثالية التي تستخدم عادة" هي زيوت الشحوم، الكاؤولين، عجينه

الكليسرول. من المهم جدا" وضع طبقة رقيقة من هذه المادة كوسط فاصل بين سطح العينة ومحولات الطاقة الملامسة لها. لهذا السبب قراءات مكررة لزمن الانتقال يجب أن تؤخذ حتى يتم الحصول على اقل قراءة لزمن الانتقال لكي نسمح بتوزيع مادة الازدواج الصوتية بحيث تكون رقيقة اكثر خصوصا" عندما يكون سطح النموذج خشن أو غير مستو والذي عادة" ما يسوى وينعم قبل الفحص [17].

طول المسار،شكل العينة والتردد الطبيعي لمحولات الطاقة

من الممكن الاستدلال من الدراسات السابقة بان سرع الأمواج الطولية المستمرة في الخرسانة الكتلية لا تتأثر بصورة واضحة بالتغيرات في طول المسار أو تردد الاهتزازات.مركبات التردد العالي في اتجاه انتشار الموجه الطولية يتم توهينها اكثر من مركبات التردد الواطئ وشكل الانطلاق (onset) لتغيرات النبضة يصبح اكثر تدويرا" عند المسافات الأبعد .الانحرافات في سرعة النبضة مع المسافة كما مع التردد الطبيعي (20−200) كيلو هرتز تنجم عن الصعوبات في التعريف بدقة عن حدة النبضة.الانحرافات عادة" ما تكون صغيرة ولا تتغاير اقل من ± 2 % لتغيرات في المسافة والتردد الطبيعي.عندما تنتقل الاهتزازات الطولية خلال مقاطع نحيفة،مثلا" القضبان ،الألواح ،....، سوف تنتشر(dispersed) وهناك عدة أشكال من الانتشار يتم الحصول عليها.في هذه الحالة،سرعة النبضة سوف تكون دالة لطول الموجة وسمك اللوح أو المقطع العرضي للقضيب [18] .

اختيار محول الطاقة لأطوال مسار مختلفة واقل أبعاد عرضية

محولات الطاقة ذات الترددات العالية لحد 200 كيلو هرتز من الممكن أن تستخدم بتميز ، خصوصا" مع قصر طول المسار ولحد 500 ملم للحصول على أعلى حدة نبضة،ولمعلومات اكثر يمكن الاطلاع على المصدر رقم [18] .

التجارب المختبرية:

كما هو معروف أن تقنية الأمواج فوق الصوتية استخدمت منذ منتصف الأربعينات من القرن الماضي لتقييم نوعية الخرسانة .في هذه الدراسة التجريبية تم عمل محاولة لاستعمال تقنية الأمواج فوق الصوتية لتقييم أداؤها في حقل البناء ومعرفة قدراتها من اجل :

أ-تخمين نوعية العمل البنائي (وحدات بنائية،مفاصل فرشة المونة) .

ب- تخمين نوعية العنصر الواحد وعلاقته مع الآخر.

ج- اكتشاف الشقوق والفجوات في الوحدات البنائية.

د- اكتشاف الفجوات المتكونة في مفاصل فرشة المونة.

برنامج العمل يتألف من نوعين من التحريات: 1-فحوصات على مركبات المواد البنائية(الطابوق الصلد،الطابوق المثقب)باستخدام طريقة الأمواج فوق الصوتية غير الاتلافية وطريقة مقاومة الانضغاط الاتلافية.2- فحوصات على العينة البنائية باستخدام طريقة الفحص غير الاتلافي. موجز عن العمل المختبري في الجدول (2-أ) .

تحضير المواد

أ- الوحدات البنائية

تم استخدام 80 طابوقة من النوع الصلد و 80 طابوقة من النوع المثقب صنف (أ).الأبعاد القياسية معطاة في الجدول (2-ب).تم تجهيز الطابوق المثقب من قبل معمل طابوق بغداد التابع للشركة العامة للصناعات الإنشائية/وزارة الصناعة والمعادن،بينما تم شراء الطابوق الصلد من القطاع الخاص والذي ينتج عادة" بطرق بدائية.كافة الطابوق المستخدم تم تأشيره وتوزيعه إلى مجاميع طبقا" لتردد محولات الطاقة المستخدمة في عملية الفحص بطريقة الأمواج فوق الصوتية غير الاتلافية ، كما موضح في الشكل (4).

ب- المونة

ثلاث نسب من خلطة المونة تم تحضيرها طبقا" للمواصفات البريطانية BS 4451:1980،تصميم الخلطة ومقادير المواد المستعملة في الخلطة معطاة في الجدول(3) كما يلاحظ تم إضافة مادة النورة إلى مكونات المونة من اجل تحسين قابلية التشغيل.

ج- عينات الفحص (مكعبات المونة)

تم استخدام 27 مكعب من المونة ذات أبعاد 100x100x100 ملم بعد أن نظفت وزيتت.كل تسعة مكعبات تم ملئها على وجبتين ولتدرج واحد من خلطة المونة.تم استخدام أسلوب الرص الميكانيكي بواسطة المنضدة الهزازة ولمدة دقيقة واحدة لكل وجبة.

د- العينات البنائية(مواشير الطابوق)

ثلاث موديلات من الطابوق (صلد ومثقب) ،تم تشكيلها (أو تنفيذها) كما في الشكل (5). الموديل الأول: يتألف من ثلاث مواشير طابوقية .كل موشور يتألف من طابوقتين ومفصل من المونة تدرج (I) بسمك 10ملم. الموديل الثاني : يتألف من ثلاث مواشير طابوقية . كل موشور يتألف من ثلاث طابوقات ومفصل من المونة تدرج (II)بسمك 10 ملم. الموديل الثالث: يتألف من ثلاث مواشير طابوقية.كل موشور يتألف من ثلاث طابوقات ومفصل من المونة تدرج (III)بسمك 10 ملم.

فحص الأمواج فوق الصوتية غير الاتلافي

1-فحص الأمواج فوق الصوتية للوحدات البنائية

يتم تصحيح الجهاز أولا" باستخدام القضيب الاسترشادي. طبقة خفيفة مادة الاتصال توضع على الأسطح النهائية للقضيب الاسترشادي ،ومن ثم تضغط محولات الطاقة على الأسطح التي وضع مادة الاتصال عليها إلى حد الحصول على زمن انتقال قدره

26.3 مايكرو ثانية يعرض على الشاشة الرقمية للجهاز والذي يساوي زمن الانتقال للقضيب الاسترشادي.

أ- الطابوق المثقب

تم فحص 80 طابوقة مثقبة صنف (أ) بواسطة تقنية الأمواج فوق الصوتية.بالنسبة لطريقة الفحص المباشر،قياسات سرع الأمواج فوق الصوتية تم أخذها عبر الحزم المعلمة أ،ب،ج كما يلاحظ في الشكل (2) .

ب- الطابوق الصلد

تم استخدام 80 طابوقة صلدة ،تم فحصها بتقنية الأمواج فوق الصوتية .بالنسبة لطريقة الفحص المباشر بتقنية الأمواج فوق الصوتية، القراءات أخذت عبر الحزم أ،ب،ج .

2-فحص سرع الأمواج فوق الصوتية لمكعبات المونة

تم استخدام 9 مكعبات من المونة أبعاد 100x100x100 ملم ولكافة تدرجات خلطة المونة.يتم أخذ العينات من غرفة المعالجة أو المختبر ومن ثم تفحص بالطريقة المباشرة لسرع الأمواج فوق الصوتية غير الاتلافية وحسب الأعمار التالية:اليوم الثاني ،الرابع ،السابع .يطبق نفس الإجراء في اليوم الحادي عشر، واليوم السابع عشر باستخدام 6 مكعبات ولكل تدرج من خلطة المونة ،وكذلك 6 مكعبات ولكل تدرج من خلطة المونة في اليوم الحادي والعشرين والثامن والعشرين، حيث تم أخذ قراءات سرع الأمواج فوق الصوتية لكل مكعب من مكعبات المونة.

3- فحص سرع الأمواج فوق الصوتية للعينات البنائية

باستخدام فحص الأمواج فوق الصوتية غير الاتلافي ، يتم فحص كل الموديلات وفق الأعمار التالية، اليوم الثاني،الرابع، السابع، الحادي عشر ،الرابع عشر ،الحادي والعشرون ،الثامن والعشرون .

مواشير العينات البنائية (الطابوق)

كما في الفقرة 2 ،تم تحضير ثلاث موديلات ،كما في الشكل(5).وتم فحصها بالطريقة المباشرة للأمواج فوق الصوتية، قراءات سرع الأمواج فوق الصوتية أخذت عبر الحزمة أ.تم أخذ ثلاث قراءات لسرع الأمواج فوق الصوتية عبر الحزمة (ج) وللموديلات الثلاثة . أما بالنسبة للطريقة غير المباشرة لفحص الأمواج فوق الصوتية تم أخذ القراءات عبر الحزمة (أ) وللموديلات الثلاثة. في الموديلات الثلاث أعلاه ،تم أخذ معدل ثلاث قراءات لسرع الأمواج فوق الصوتية لكل طول مسار .

تحليل نتائج سرع الأمواج فوق الصوتية

أ- الوحدات البنائية

البيانات (النتائج) العملية للوحدات البنائية تم وضعها في جداول وكذلك التحليل الإحصائي وطرق الحسابات.هنالك اختلافات في قيم السرع المستحصلة المأخوذة عبر الحزم كما موضح في الجدول (4)وهذا ممكن نتيجة عدم التجانس أو وجود فجوات في وسط العينة ، وشقوق متعددة في السطح . الأشكال (6و7و8و9) توضح تأثير طول المسار على سرعة الذبذبة للعينات البنائية والترددات المستخدمة في الفحص.

ب-مكعبات المونة

التحليل الإحصائي لسرع الأمواج فوق الصوتية ولثلاث تدرجات من خلطة المونة وخلاصة النتائج تم تبويبها في الجدول (5).النتائج المستحصلة بالطريقة المباشرة توضح النمط المحدد لقياسات الأمواج فوق الصوتية لكل تدرج من تدرجات المونة. هنالك زيادة ملحوظة في قيم السرع خلال السبعة أيام الأولى من تصلب المونة .العلاقة بين سرع الأمواج فوق الصوتية والأعمار ولكافة تدرجات المونة موضحة في الشكل (8).

ج-مواشير الطابوق

التحليل الإحصائي لسرع الأمواج فوق الصوتية ولثلاث موديلات من المواشير البنائية تم تبويبها في الجدول (6 و 7).هنالك أنماط مميزة من سرع الأمواج فوق الصوتية تتعلق بالموديلات الثلاثة للمواشير الطابوقية.

فحص مقاومة الانضغاط الاتلافي

1-فحص الانضغاط للعينات البنائية

تم وضع الطابوق في حوض الماء لمدة 24 ساعة، زمن ثم سمح لها بتصريف الماء الزائد لمدة 30 دقيقة تقريبا".تم فحص الطابوق باستخدام ألواح من مادة الفايبر سمك 3 ملم توضع بين فكي ماكينة الفحص وبنفس الوضعية التي توضع فيها للطابوقة في موقع العمل.يتم تسليط الحمل بدون أي صدمات ويزداد بمعدل مستمر.معدل تسليط الحمل الابتدائي على الطابوقة كان بحدود 35 نت/ملم2/دقيقة،لكن عندما نصل إلى نصف الحمل الأقصى المتوقع يتم تعديل النسبة إلى 15نت/ملم2/دقيقة لحين الحصول على الحمل الأقصى للفشل. النتائج تم تبويبها في الجدول (8) .

2-مقاومة أنضغاط المكعبات

ثلاث مكعبات من المونة ذات أبعاد 150 x150 x150 ملم ولكل تدرج من تدرجات خلطة المونة الثلاثة تم فحصها عند الأعمار 7 ، 14 ، 28 يوما" .تم أجراء الفحص طبقا" للمواصفات البريطانية BS 4351:1980 . النتائج تم تبويبها في الجدول (9) .

تحليل نتائج فحص الانضغاط

علاقة سرعة الذبذبة مع مقاومة الانضغاط وللترددات المختلفة موضحة ضمن الأشكال (10 و 11 و 12 و13)،حيث يلاحظ أن العلاقة المستحصلة للطابوق المثقب وللتردد 150 و 82 كيلو هرتز هي دالة متعددة الحدود من الدرجة الرابعة ذات معامل ارتباط جيد يتراوح بين 0.98-0.99 ،أما الطابوق الصلد أيضا" دالة

متعددة الحدود ولكن من الدرجة الثالثة ذات معامل ارتباط جيد يتراوح بين 0.92- 0.93 .

تخمين مقاومة أنضغاط الطابوق من سرعة الذبذبات

عند تخمين مقاومة الانضغاط ، ثمة طريقة اقترحت من قبل Yakov ‘ Tret لتستخدم في الخرسانة ، تم التحري عنها وتبنيها للاستعمال في حقل البناء . حيث عمل علاقة بسيطة مرنة ، كالتالي :

$$F=\bar{F}(v1 / \bar{v})$$

حيث F = مقاومة الانضغاط للعينة الواحدة $\bar{F}$= معدل مقاومة الانضغاط لكل العينات$v10$ = سرعة النبضة للعينة الواحدة . $\bar{v}$= معدل سرعة النبضة لكل العينات

$$n = Cf/Cv$$

حيث Cf = معامل تغاير مقاومة الانضغاط للعينات المفحوصة في المختبر .Cv = معامل تغاير سرعة النبضة للعينات المفحوصة في المختبر.

أن قيمة n هي دالة لمعامل التغاير أو سرعة النبضة والتي هي دالة لطول المسار والطريقة التي تستخدم في فحص سرع الأمواج فوق الصوتية . استخدام هذه المعادلة لإيجاد مقاومة الانضغاط للعينات البنائية ، يتطلب معرفة معدل مقاومة الانضغاط وسرعة النبضة للعينات المفحوصة في المختبر وكذلك قيمة n.

كمثال معدل مقاومة الانضغاط المستحصلة عن طريق الفحوصات الاتلافية المختبرية للطابوق المثقب ولتردد 150 كيلو هرتز صمن سرعة الأمواج فوق الصوتية $\bar{F}$=19.7(نت/ملم 2) ، ومعامل التغاير Cf = 4.15 % ،معدل سرعة الأمواج فوق الصوتية المستحصلة من الفحوصات المختبرية $\bar{v}$= 3,37 كم/ثا ومعامل التغاير

مجلة تكريت للعلوم الهندسية/المجلد 12/العدد 3/ آب 2005

Cv=6.4 % . النتائج المتوقعة لفترة 95 % من الثقة لسرع الأمواج فوق الصوتية تتحصل في الموقع هي 3.01 كم/ثا – 3.72 كم/ثا .

حساب مقاومة الانضغاط في الموقع: $0.64=n = Cf/Cv$

$F = 19.7(3.37/3.01)\ 0.64 = 18.32$ نت/ملم 2.

$=19.7(3.37/3.72)0.64=20.98$ نت/ملم 2 .

مناقشة النتائج المختبرية

1- نماذج الطابوق

معدل سرعة الذبذبة ومقاومة الانضغاط للعينات البنائية موثقة ضمن الجدول (10) . طبقا" لهذا الجدول يمكن ملاحظة أن سرعة الذبذبة تزداد مع زيادة مقاومة الانضغاط . العلاقة بين سرعة الذبذبة ومقاومة الانضغاط هي ليست خطية.

2- عينات المونة

دراسة طريقة التصلب في المونة هي واحدة من أهم المظاهر المنفردة لتقنية الأمواج فوق الصوتية .سرعة الأمواج فوق الصوتية لمكعب المونة تم قياسها منذ اليوم الثاني من صب المكعب ولحد اليوم الثامن والعشرين . أن سرعة النبضة تزداد مع الوقت وكذلك مقاومة المونة . بالنسبة لتدرجات خلطة المونة الثلاث ، العلاقة بين سرعة النبضة ومقاومة الانضغاط والعمر موضحة ضمن الشكل(14).

نمط (نموذج) سرعة النبضة لكل تدرج يعرف بوضوح من أجل مقارنة تدرج مونه مع آخر أو لاستخدامه في السيطرة النوعية موقعيا" . حيث أن أي سرعة نبضة تتحصل موقعيا" للمونة تحت الفحص أو التحري تنحرف عن النمط المعطى أو الموجود في الشكل (14) والتي تشير إلى مناطق مهمة يتطلب التحري عنها ودراستها

مجلة تكريت للعلوم الهندسية/المجلد 12/العدد 3/ آب 2005

. أن تقييم مقاومة الانضغاط بواسطة سرعة النبضة يمكن أن تعمل أما بواسطة الرسم كما في الشكل (14) أو استخدام المبدأ التحليلي ، كما في الفقرة السابقة .

المبدأ التحليلي

قبل أجراء أي تحريات موقعيه على العينات البنائية ، يجب أن تتوفر بيانات مختبريه بصيغة قيم معدل سرعة النبضة للعينة ، ومعدل مقاومة الانضغاط وقيمة n .

مثال مونه تدرج (I)

البيانات المطلوبة من الفحوصات التي تم أجراؤها في المختبر على عينات مكعبات المونه هي كآلاتي : معدل مقاومة الانضغاط للمكعب = 12.70نت/ملم 2 ،معدل سرعة النبضة $\bar{v}$= 2.97 كم/ثا ، قيمة n = Cf/Cv= 2.75 . حيث Cf = معامل تغاير مقاومة الانضغاط ، جدول (9) ، Cv = معمل تغاير سرعة النبضة ، جدول (5) . مقاومة الانضغاط الموقعيه لمونه تدرج (I) تتحصل بواسطة فترة سرعة النبضة المتوقعة 2.94 كم/ثا– 3.00 كم/ثا .

F = 12.70(2.97/2.94) 2.75 = 12.35 نت/ملم 2.

= 12.70(2.97/3.00) 2.75 = 13.05 نت/ملم 2.

حيث أن قيمة مقاومة الانضغاط هي بين 12.37–13.02نت/ملم 2 ، كما في الجدول (9) ، حيث أن النتائج تتطابق مع نتائج مقاومة أنضغاط المكعبات بالطريقة الاتلافية . بعبارة أخرى إذا كانت المونه تحت الفحص (أو التحري) هي من التدرج الثالث وبطريقة الخطأ تم اعتبارها من التدرج الأول ، وباستعمال البيانات المستحصلة مختبريا" للتدرج الأول كما في المثال أعلاه مع قياسات سرعة النبضة المستحصلة موقعيا" لمونه من التدرج الثالث مع فترة سرعة نبضة 2.54كم/ثا–2.58 كم/ثا .

3– العينات البنائية(مواشير الطابوق)

نتائج سرعة النبضة للموديلات الثلاثة من مواشير الطابوق معطاة في الجدول (11) و(12) . الارتباط بين سرعة النبضة للعينات البنائية ، المركبات البنائية والعمر

معطاة في الشكل (10) . يمكن رسم الشروط الحدودية من دراسة العلاقة بين نمط كل سرعة نبضة . أن الطابوق يملك أعلى قيم لسرعة النبضة ومقاومة الانضغاط ، حيث تكون المونات تملك اقل قيم لسرعة النبضة ومقاومة الانضغاط . من الشكل (10) يتبين أن سرعة النبضة للموديلات الثلاثة تقترب من الحد الأعلى والذي يشكل نتائج سرعة النبضة للطابوق ، وهذا متوقعا" لان طول مسار الانتقال في الطابوق يتراوح ما بين 15-22.5 مرة أطول من طول المسار المقطوع من قبل سرعة النبضة خلال المونة .

الاستنتاجات

1-أن استخدام الأمواج فوق الصوتية كفحص غير اتلافي للوحدات البنائية فيه ميزتان عن باقي الفحوصات التقليدية :

أ-النتائج المستحصلة يمكن ربطها بعلاقات مع بقية خصائص المادة تحت الفحص ، مثلا" معامل المرونة ، الكثافة ، ...الخ .

ب-ممكن رسم صورة وافية عن المنشأ عند أي عمر وفي أي وقت دون اللجوء إلى إحداث أضرار معينة وباستخدام معدات خفيفة .

2-يمكن اعتبار الفحوصات كمقياس للسيطرة النوعية في مواقع الأبنية أو المنشات والمصانع لذلك فهي مقبولة حول كافة أنحاء العالم .

3-تزداد سرعة الذبذبة وبالتالي مقاومة الانضغاط مع زيادة عمر البناء والمنشأ .

4-يمكن تقييم مقاومة الانضغاط بواسطة سرعة النبضة ، أما بواسطة الرسم أو استخدام المبدأ التحليلي .

5-وقد لوحظ أن علاقة سرعة الذبذبة مع مقاومة الانضغاط هي علاقة غير خطية.

المصادر

1-Neville , A . M ., " Properties of Concrete " , Pitman Pub. Limited London 5th.Edition 1995.

2-Jack R.," Composite Materials & Their Uses in Str.", 1975.

3-Neville , A. M., & Brook , J. J., " Concrete Technology " , Longman Scientific & Technical.

4-Raouf, Z. & Schjodt, R., " Research on Bricks in Iraq " ,Building Research & Testing Laboratory Washash-Baghdad.

5-Arnold , W. H. , " Structural Brickwork " , Published by the Macmillan Press LTD, 1983.

6-Pundit Manual for use with the Portable Ultrasonic Non-Destructive Digital Indicating Tester , London,1995.

7-Building Code Requirements for Masonry Structures , ACI 530-95/ASCE 5-95/TMS 402-95.

8-Malhorta , V . M . , " In-Situ Non-Destructive Testing of Concrete " , ACI ,Canada, 1984.

9-Jack, B . " Ultrasonic Methods & Applications " , London, 1971.

10-Erudite ,"Resonant Frequency Tester",London,1990.

11-BS 5628 :Part 2: 1985, " Use of Masonry " , British Standard Institution.

12-BS 5628: Part 3: 1985, ” Use of Masonry “, British Standard Institution

13-BS 5628: Part 1: 1992, ” Use of Masonry “, British Standard Institution

14-BSI, British Standard Institution , BS 1881: Part 203: 1986 , ” Testing Concrete “, Guide to use Non-Destructive Methods Of Test for Hardened Concrete.

15-Alsairafi“Non-Destructive Testing of Structural Masonry“ M.Sc.Thesis, U.K., 1984.

16-Bungey , J. H , ” The Testing of Concrete in Structures “ , Survey, University Press ,New York ,1982.

17-BS 4408 : Part 5 , ” Non-Destructive Methods Of Test for Concrete Measurements Of the Velocity of Ultrasonic

Pulses in Concrete “, BSI, London.

18-Jones,R. & Facaoru, I. , ” Recommendations for Testing Concrete by The Ultrasonic Pulse Method “, Materials & Structures/Research & Testing ,2,No.10,Paris,1969,pp. 275-284.

19-Tomsett ,H.N.,“ Ultrasonic Pulse Velocity Measurements in the Assessment of Concrete Quality “ , Magazine of Concrete Research ,32,No.110,March 1980,pp.7-16.

20-Raouf , Z. A.," The Use of Rice Husk Ash in Improvement the Quality Of Local Brick ", Lectures, Baghdad University.

21- مفيد السامرائي ورؤوف زين العابدين، " الفحوص غير الاتلافية للخرسانة ".

22-رائد حسن عبود ، "تحري الطرق المختلفة لصناعة الطابوق وملاءمتها لأنواع مختلفة من التربة " أطروحة،كلية الهندسة-جامعة بغداد .

23-فراس فاضل بدري ، " تقييم الخرسانة عالية الأداء بطرق غير أتلافية " ، رسالة ماجستير مقدمة إلى كلية الهندسة-جامعة بغداد .

24-المواصفات القياسية العراقية ، رقم 25 لسنة 1988 ، " الطابوق الطيني " ، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية .

جدول رقم (1) محددات اختيار محول الطاقة طبقا" للتردد الطبيعي واقل بعد عرضي

طول المسار (ملم)	التردد الطبيعي لمحو الطاقة (كيلو هرتز)	اقل بعد عرضي للعينة (ملم)
700–100	60<	70
1500–200	40<	150
< 1500	20 <	300

جدول رقم (2–أ) موجز عن العمل المختبري

أ– نسب الخلط:

تدرج المونة	نسب الخلط (غم)				أعمار الفحص بالطريقة غير الاتلافية (يوم)	أعمار الفحص بالطريقة الاتلافية (يوم)
	سمنت	نورة	رمل	ماء		
I	687	45	2268	630	28.21.14.11.7.4.2	28.14.7
II	408	153	2439	630	28.21.14.11.7.4.2	28.14.7
III	270	192	2538	630	28.21.14.11.7.4.2	28.14.7

ب– العينات البنائية:

نوع العينة	طول المسار للفحص بالطريقة غير الاتلافية (الطريقة المباشرة)		
	مدى الطول (سم)	مدى العرض (سم)	مدى السمك (سم)
الطابوق المثقب	24.0–23.5	11.5–11.0	7.5–7.0
الطابوق الصلد	23.5–23.0	12.0–11.5	7.5–7.0

ج- فحص على العينات البنائية

مواشير العمل البنائي	تدرج المونة	طول المسار للطريقة المباشرة (ملم)	طول المسار للطريقة غير المباشرة (ملم)
موشور بارتفاع طابوقتين مع مفصل من المونة 10 ملم	I	160	50
موشور بارتفاع طابوقتين مع مفصل من المونة 10 ملم	II	245	100
موشور بارتفاع طابوقتين مع مفصل من المونة 10 ملم	III	245	150

جدول (2-ب) الأبعاد الاسمية والأوزان للعينات المستعملة

العينة البنائية	الأبعاد الاسمية (سم)			مدى الوزن (كغم)
	الطول	العرض	السمك	
الطابوق المثقب	23.0	11.5	7.5	2.74-2,4
الطابوق الصلد	23.0	11.5	7.5	2.89-2.62

جدول (3) تدرجات خلطة المونة

نوع المونة	النسبة المئوية من الكتلة في الحالة الجافة			المادة المستخدمة في الخلطة (كغم)			
	سمنت	نوره	رمل	سمنت	نوره	رمل	ماء
I	22.9	1.5	75.6	8.0	0.53	26.46	7.35
II	13.6	5.1	81.3	5.44	2.04	32.52	8.4
III	9.0	6.4	84.6	1.8	1.28	16.92	4.2

جدول (4) خلاصة نتائج التحليل الإحصائي للعينات البنائية

4-أ الطابوق المثقب

الحزمة	معدل السرعة $\bar{v}$ (كم/ثا)	الانحراف القياسي s (كم/ثا)	معامل التغاير Cv (%)	حدود الثقة $v = \bar{v} - 1.64 \times s$	حدود الثقة $v = \bar{v} + 1.64 \times s$
الطريقة المباشرة وبتردد 150 كيلو هرتز					
أ-أ	3.37	0.216	6.40	3.01	3.72
ب-ب	2.88	0.113	3.92	2.69	3.06
ج-ج	4.24	0.256	6.03	3.82	4.65

4-ب الطابوق الصلد

الحزمة	معدل السرعة $\bar{v}$ (كم/ثا)	الانحراف القياسي s (كم/ثا)	معامل التغاير Cv(%)	حدود الثقة $v = \bar{v} - 1.64 \times s$	حدود الثقة $v = \bar{v} + 1.64 x s$
الطريقة المباشرة وبتردد 150 كيلو هرتز					
أ-أ	2.73	0.102	3.73	2.56	2.89
ب-ب	2.41	0.254	10.53	1.99	2.82
ج-ج	2.86	0.276	9.65	2.40	3.31

4-ج الطابوق المثقب

الحزمة	معدل السرعة $\bar{v}$ (كم/ثا)	الانحراف القياسي s (كم/ثا)	معامل التغاير Cv (%)	حدود الثقة $v = \bar{v} - 1.64 \times s$	حدود الثقة $v = \bar{v} + 1.64 x s$
الطريقة المباشرة وبتردد 82 كيلو هرتز					
أ-أ	3.41	0.197	5.77	3.08	3.73
ب-ب	2.89	0.181	6.26	2.59	3.18
ج-ج	3.98	0.189	4.74	3.67	4.28

4–د الطابوق الصلد

الحزمة	معدل السرعة $\bar{v}$ (كم/ثا)	الانحراف القياسي s (كم/ثا)	معامل التغاير Cv (%)	حدود الثقة $v = \bar{v} - 1.64 \times s$	حدود الثقة $v = \bar{v} + 1.64 \times s$
الطريقة المباشرة وبتردد 82 كيلو هرتز					
أ–أ	2.84	0.276	9.71	2.38	3.29
ب–ب	2.40	0.327	13.62	1.86	2.93
ج–ج	2.75	0.406	14.76	2.08	3.41

4–هـ الطابوق المثقب

طول المسار (ملم)	معدل السرعة $\bar{v}$ (كم/ثا)	الانحراف القياسي s (كم/ثا)	معامل التغاير Cv (%)	حدود الثقة $v = \bar{v} - 1.64 \times s$	حدود الثقة $v = \bar{v} + 1.64 \times s$
الطريقة غير المباشرة وبتردد 150 كيلو هرتز					
0–50	3.48	0.502	14.42	2.65	4.30
50–100	3.47	0.486	14.00	2.67	4.26
100–150	3.12	0463	14.83	2.36	3.87

4–و الطابوق الصلد

طول المسار (ملم)	معدل السرعة $\bar{v}$ (كم/ثا)	الانحراف القياسي s (كم/ثا)	معامل التغاير Cv (%)	حدود الثقة $v = \bar{v} - 1.64 \times s$	حدود الثقة $v = \bar{v} + 1.64 \times s$
الطريقة غير المباشرة وبتردد 150 كيلو هرتز					
0–60	2.52	0.630	25.00	1.48	3.55
60–120	2.34	0.322	13.76	1.81	2.86

4–ز الطابوق المثقب

طول المسار (ملم)	معدل السرعة $\bar{v}$ (كم/ثا)	الانحراف القياسي s (كم/ثا)	معامل التغاير Cv (%)	حدود الثقة	
				$v = \bar{v} - 1.64 \times s$	$v = \bar{v} + 1.64 \times s$
الطريقة غير المباشرة وبتردد 82 كيلو هرتز					
0–50	4.90	0.956	19.51	3.33	6.46
50–100	3.93	0.763	19.41	2.67	5.18
100–150	3.21	0.668	20.80	2.11	4.30

4–ح الطابوق الصلد

طول المسار (ملم)	معدل السرعة $\bar{v}$ (كم/ثا)	الانحراف القياسي s (كم/ثا)	معامل التغاير Cv (%)	حدود الثقة	
				$v = \bar{v} - 1.64 \times s$	$v = \bar{v} + 1.64 \times s$
الطريقة غير المباشرة وبتردد 82 كيلو هرتز					
0–60	2.93	0.466	15.90	2.16	3.69
60–120	2.54	0.478	18.81	1.75	3.32

جدول (5) النتائج الإحصائية للفحص بالطريقة غير الاتلافية لمكعبات المونة

تدرج المونة	العمر (يوم)	معدل زمن الانتقال T (مايكروثا)	معدل سرعة الذبذبة $\bar{v}$ (كم/ثا)	الانحراف القياسي S (كم/ثا)	معامل التغاير Cv (%)	حدود الثقة	
						$v = \bar{v} - 1.64 \times s$ (كم/ثا)	$v = \bar{v} + 1.64 \times s$ (كم/ثا)
I	2	41.32	2.42	0.018	0.74	2.39	2.45
	4	30.02	2.63	0.028	1.06	2.58	2.67
	7	35.46	2.82	0.037	1.31	2.75	2.88
	11	34.60	2.89	0.014	0.48	2.86	2.91
	14	34.36	2.91	0.014	0.68	2.87	2.94
	21	33.67	2.97	0.02	0.53	2.94	3.00
	28	33.67	2.97	0.016	0.57	2.94	3.00

2.02	1.95	1.05	0.017	1.99	50.25	2	II
2.25	2.20	0.672	0.021	2.23	44.84	4	
2.32	2.27	0.565	0.013	2.30	43.47	7	
2.33	2.28	0.735	0.017	2.31	43.29	11	
2.37	2.34	0.377	0.0089	2.36	42.37	14	
2.36	2.34	0.318	0.0075	2.355	42.46	21	
2.58	2.54	0.382	0.0098	2.565	38.98	28	
1.42	1.37	1.00	0.014	1.40	71.42	2	***III***
1.79	1.66	2.19	0.038	1.73	57.80	4	
1.86	1.77	1.48	0.027	1.82	54.94	7	
1.84	1.81	0.442	0.0081	1.83	54.64	11	
1.88	1.83	0.86	0.016	1.86	53.76	14	
1.96	1.89	1.13	0.022	1.93	51.81	21	
1.96	1.91	076	0.017	1.94	51.54	28	

جدول (6) النتائج الإحصائية للفحص بالطريقة غير الاتلافية لمواشير العينات

الطريقة المباشرة لسرعة الذبذبات								الموديل
حدود الثقة		معامل التغاير Cv (%)	الانحراف القياسي S (كم/ثا)	معدل سرعة الذبذبة $\bar{v}$ (كم/ثا)	معدل زمن الانتقال T (مايكروثا)	طول المسار (ملم)	العمر (يوم)	
$v = \bar{v} + 1.64 \times s$ (كم/ثا)	$v = \bar{v} - 1.64 \times s$ (كم/ثا)							
3.46	3.29	1.44	0.049	3.38	47.18	160	2	M_1
3.59	3.32	2.31	0.080	3.46	46.26		4	
3.66	3.45	1.82	0.065	3.56	44.92		7	
3.74	3.43	2.70	0.097	3.59	44.57		11	
3.86	3.43	3.64	133.	3.65	43.88		14	
3.85	3.42	3.54	0.129	3.64	43.94		21	

3.87	3.44	3.55	0.130	3.66	43.67		28	
3.34	3.17	1.59	0.052	3.26	75.01	245	2	M_2
3.50	3.27	2.12	0.072	3.39	72.17		4	
3.55	3.34	1.91	0.066	3.45	70.94		7	
3.60	3.39	1.82	0.064	3.50	69.97		11	
3.61	3.44	1.41	0.050	3.53	69.34		14	
3.64	3.43	1.83	0.065	3.54	69.16		21	
3.61	3.46	1.29	0.046	3.54	69.17		28	
3.46	3.31	1.26	0.043	3.39	72.00	245	2	M_3
3.49	3.34	1.37	0.047	3.42	71.45		4	
3.57	3.40	1.40	0.049	3.49	70.07		7	
3.59	3.40	1.65	0.058	3.50	69.99		11	
3.59	3.46	1.10	0.039	3.53	69.32		14	
3.60	3.47	1.15	0.041	3.54	69.10		21	
3.59	3.50	0.70	0.025	3.55	68.84		28	

جدول (7) النتائج الإحصائية للفحص بالطريقة غير الاتلافية لمواشير العينات

الطريقة غير المباشرة لسرعة الذبذبات								الموديل
حدود الثقة		معامل التغاير Cv (%)	الانحراف القياسي S (كم/ثا)	معدل سرعة الذبذبة $\bar{\nu}$ (كم/ثا)	معدل زمن الانتقال T (مايكروثا)	طول المسار (ملم)	العمر (يوم)	
$\nu = \bar{\nu} + 1.64\ xs$ (كم/ثا)	$\nu = \bar{\nu} - 1.64\ x\ s$ (كم/ثا)							
3.52	2.93	5.47	0.177	3.23	26.31	85	2	M1
3.67	2.96	6.47	0.215	3.32	25.67		4	
3.69	3.06	5.73	0.194	3.38	25.16		7	
3.71	3.20	4.53	0.157	3.46	24.58		11	
3.85	3.26	5.02	0.179	3.56	23.90		60 14	

3.91	3.30	5.10	0.184	3.61	23.53		21	
3.95	3.42	4.30	0.159	3.69	32.04		28	
3.18	2.75	4.37	0.130	2.97	57.28	170	2	M2
3.38	3.07	2.87	0.093	3.23	52.55		4	
3.46	3.25	1.87	0.063	3.36	50,50		7	
3.46	3.43	0.28	0.010	3.45	49.29		11	
3.60	3.41	1.59	0.056	3.51	48.34		14	
3.68	3.27	3.50	0.122	3.48	48.83		21	
3.65	3.44	1.80	0.064	3.55	47.89		28	
3.24	3.07	1.64	0.052	3.16	53.74	170	2	*M3*
3.43	3.22	1.89	0.063	3.33	51.02		4	
3.61	3.30	2.68	0.093	3.46	49.08		7	
3.66	3.35	2.67	0.094	3.51	48.35		11	
3.69	3.40	2.53	0.090	3.55	47.80		14	
3.68	3.49	1.53	0.055	3.59	47.25		21	
3.71	3.50	1.85	0.067	3.61	47.02		28	

جدول (8) النتائج الإحصائية لمقاومة أنضغاط العينات البنائية

حدود الثقة		معامل التغاير (%) Cf	الانحراف القياسي S (نت/ملم2)	معدل مقاومة الانضغاط $\bar{f}m$ (نت/ملم 2)	التردد كيلو هرتز	العينة البنائية
$f = \bar{f}m + 1.64$ xs (نت/ملم 2)	$f = \bar{f}m - 1.64$ x s (نت/ملم 2)					
21.04	18.35	4.15	0.818	19.70	150	الطابوق ثقب
22.57	18.58	5.90	1.214	20.58	82	
13.42	1083	6.49	0.788	12.13	150	الطابوق الصلد
17.12	11.10	13.04	1.840	14.11	82	

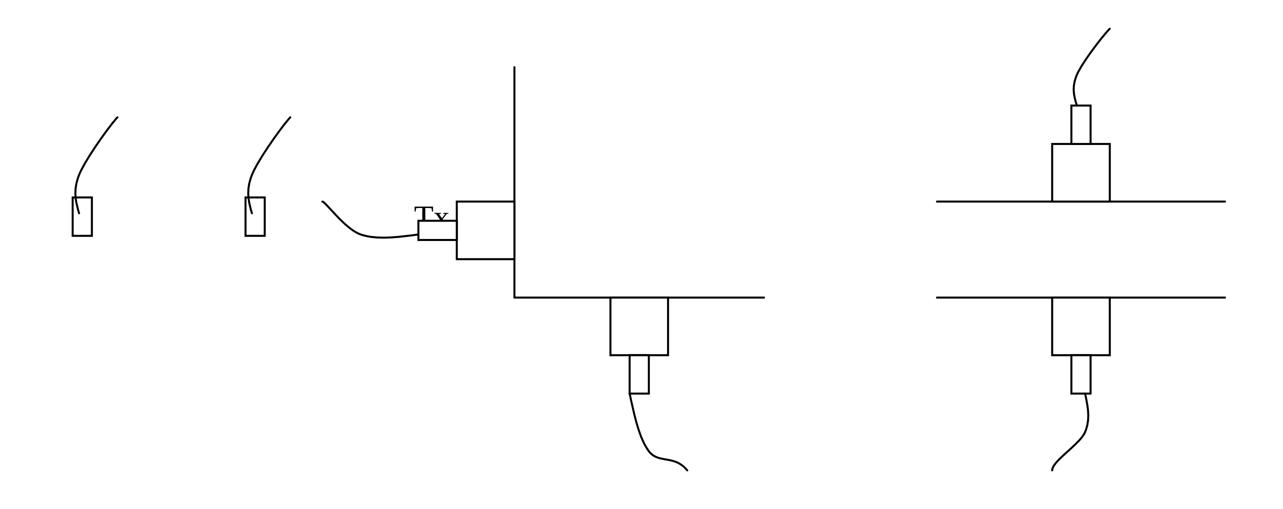
جدول (9) النتائج الإحصائية لمقاومة أنضغاط مكعبات المونة

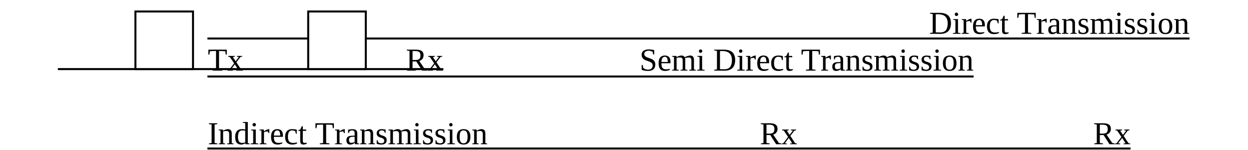
حدود الثقة	معامل	الانحراف	معدل	العمر	تدرج

$f = \bar{f}m + 1.64 xs$ (نت/ملم 2)	$f = \bar{f}m - 1.64 xs$ (نت/ملم 2)	التغاير f_r (%)	القياسي S (نت/ملم2)	مقاومة الانضغاط $\bar{f}m$ (نت/ملم 2)	(يوم)	المونة
11.78	11.28	1.31	0.152	11.53	7	
12.83	12.08	1.84	0.234	12.46	14	
13.02	12.37	1.57	0.200	12.70	28	*I*
4.46	4.13	2.32	0.100	4.30	7	
4.62	4.43	1.25	0.057	4.53	14	II
5.37	4.68	4.13	0.208	5.03	28	
2.17	1.68	7.87	0.152	1.93	7	
2.36	2.03	4.54	0.100	2.20	14	
2.61	2.24	4.73	0.115	2.43	28	III

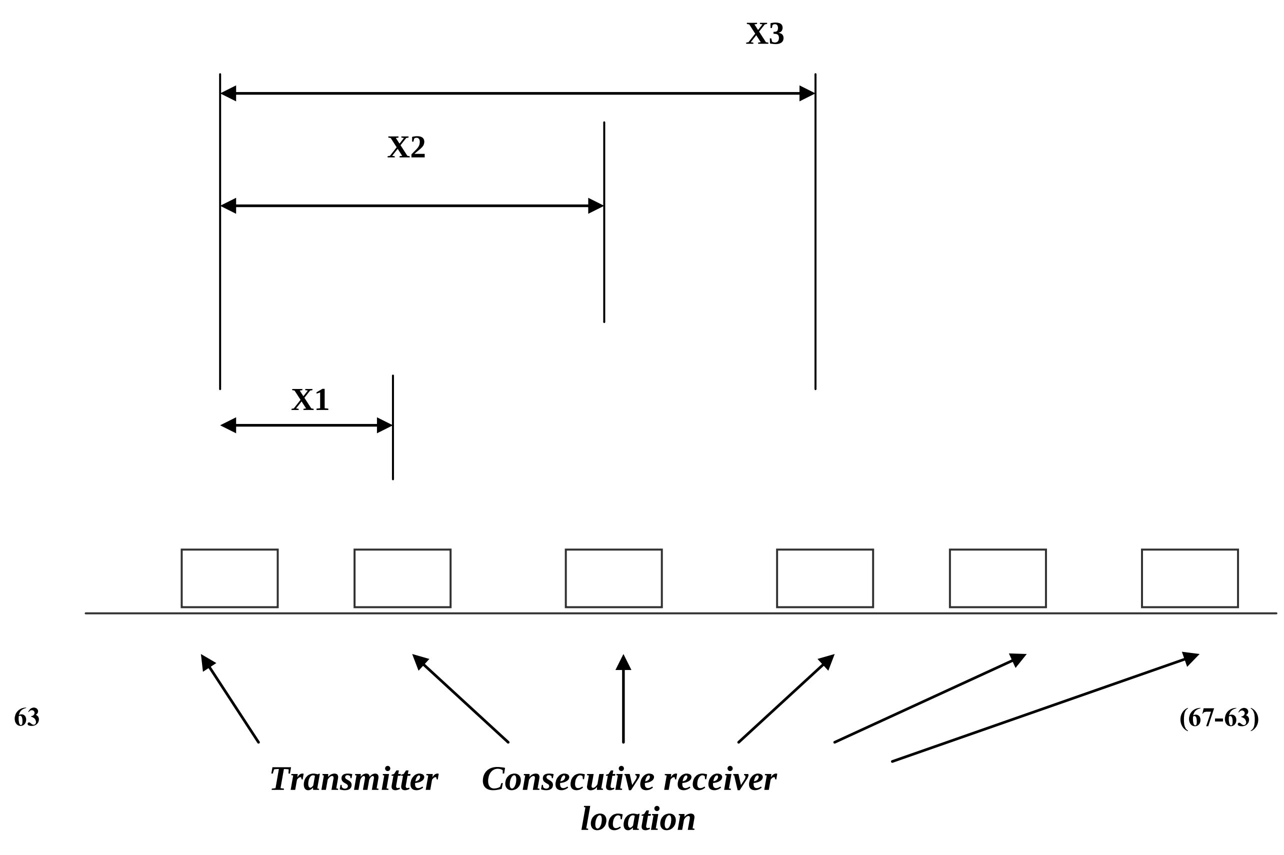
جدول (10) ملخص خصائص العينات البنائية

معدل سرعة الذبذبة $\bar{ي}$ (كم/ثا)	معدل مقاومة الانضغاط (نت/ملم 2)$\bar{f}m$	التردد (كيلو هرتز)	العينة البنائية
3.37	19.70	150	الطابوق المثقب
3.41	20.58	82	
2.73	12.13	150	الطابوق الصلد
2.84	14.11	82	

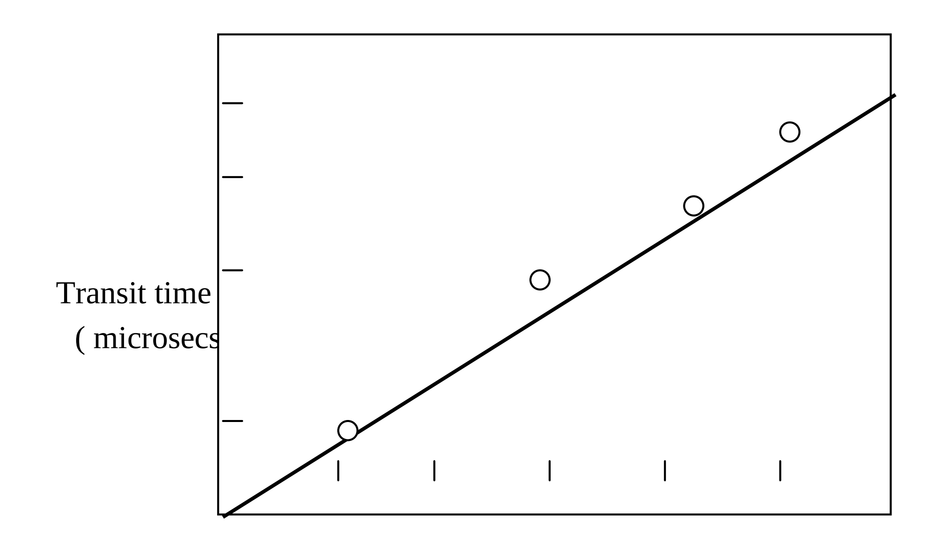




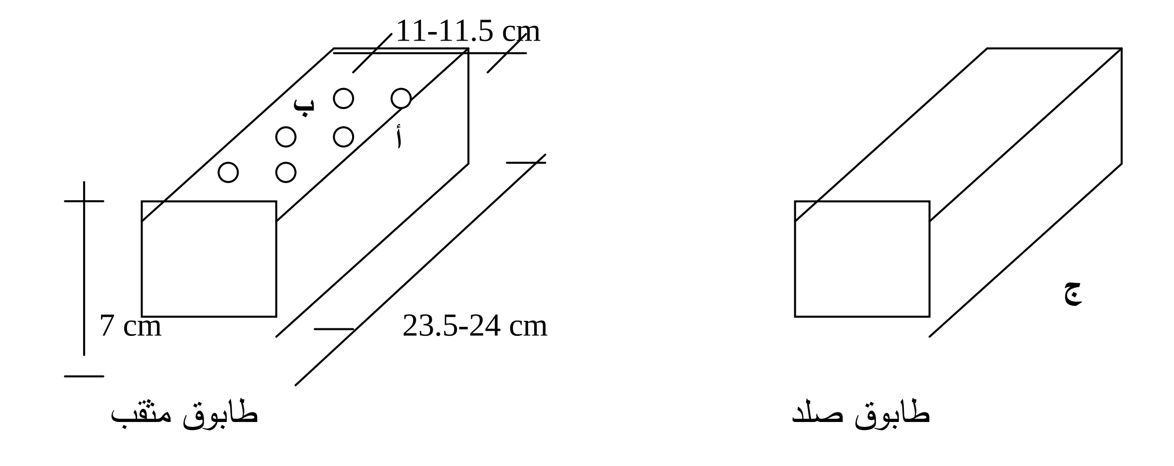
شكل (1) طرق انتقال النبضات فوق الصوتية.



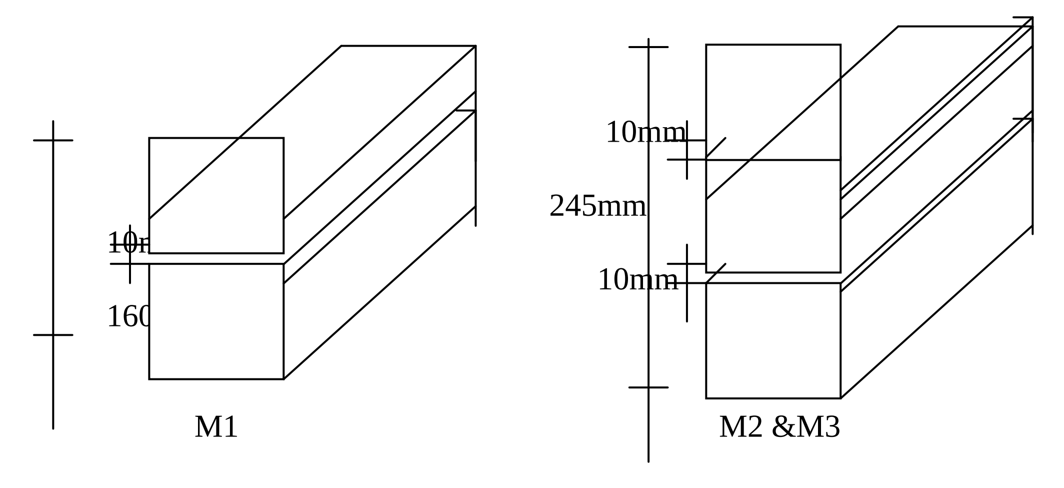
شكل (2) القراءة غير المباشرة لترتيب محولات الطاقة .



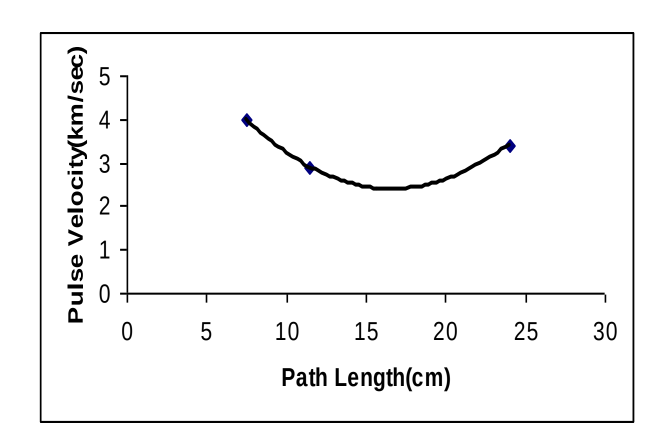
شكل (3) الطريقة البيانية للقراءة غير المباشرة

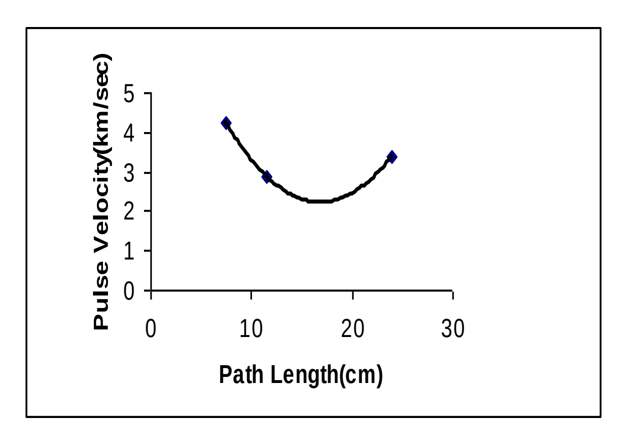


شكل (4) تأشير (تعليم) الوحدات البنائية .



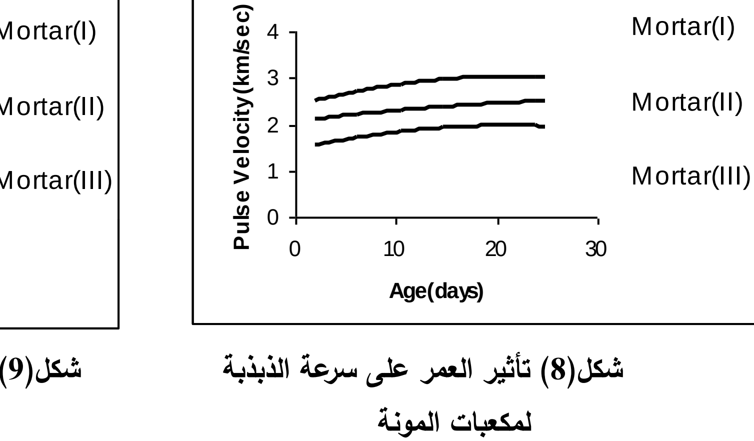
شكل(5) الموديلات البنائية ، لمواشير الطابوق المستخدمة في الفحص .



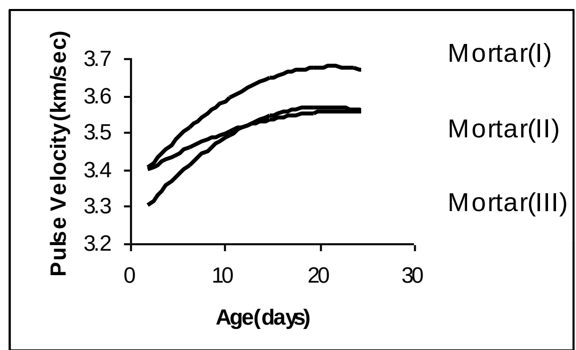


شكل(6) العلاقة بين طول المسار وسرعة الذبذبة للطابوق المثقب ولتردد 150 كيلو هرتز

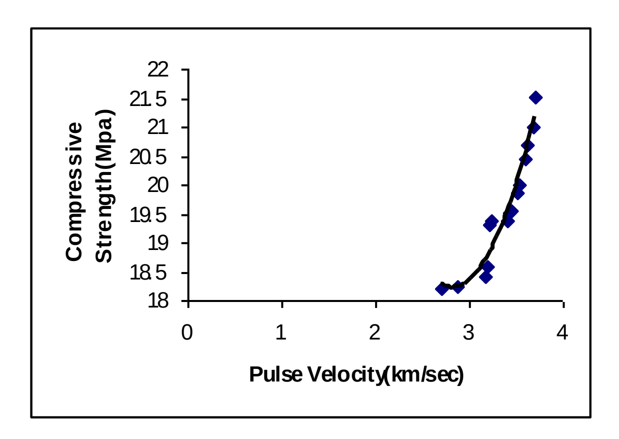
شكل(7) العلاقة بين طول المسار وسرعة الذبذبة للطابوق المثقب ولتردد 82 كيلو هرتز



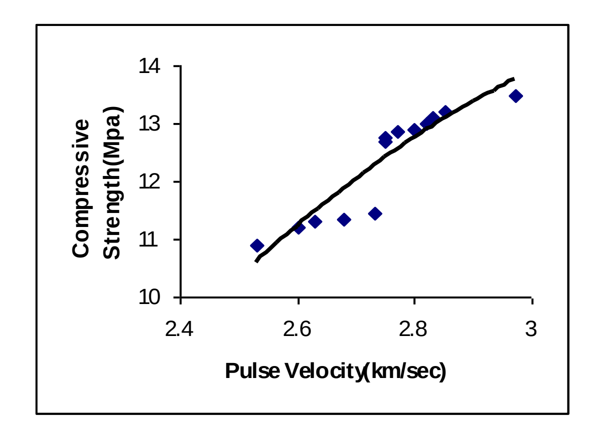
شكل(8) تأثير العمر على سرعة الذبذبة لمكعبات المونة



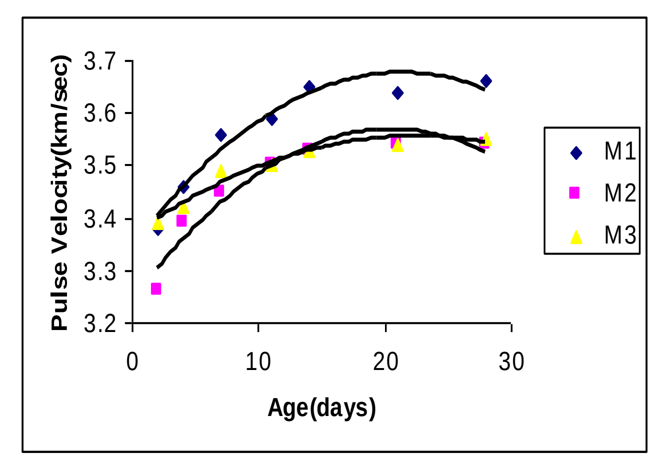
شكل(9) تأثير العمر على سرعة الذبذبة لمواشير الطابوق



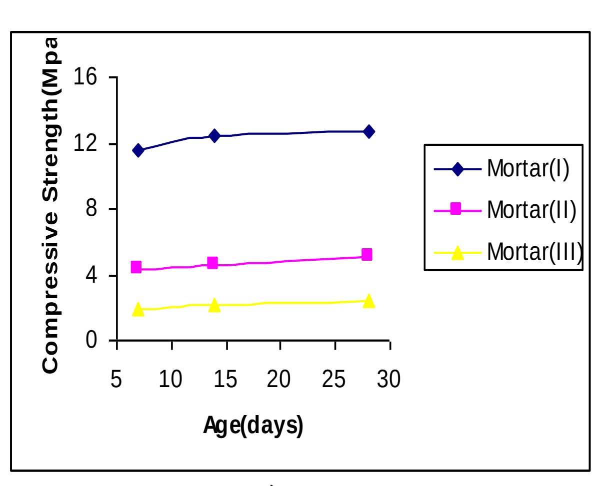
شكل(10) العلاقة بين سرعة الذبذبة ومقاومة الانضغاط للطابوق المثقب ولتردد 150 كيلو هرتز



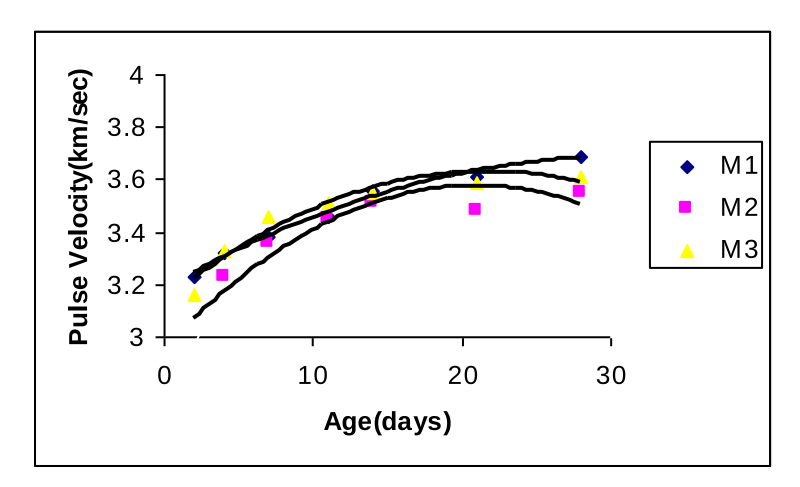
شكل(11) العلاقة بين سرعة الذبذبة ومقاومة الانضغاط للطابوق الصلد ولتردد 150 كيلو هرتز



شكل(13) العلاقة بين العمر و سرعة الذبذبة
مفاصل 100ملم لمواشير الطابوق
(الطريقة المباشرة)



شكل(12) العلاقة بين عمر مكعبات
المونة ومقاومة الانضغاط



شكل(14) العلاقة بين العمر و سرعة الذبذبة
للمفاصل 100ملم لمواشير الطابوق (الطريقة غير المباشرة)

EVALUATE BRICK UNITS BY ULTRASONIC WAVES

Dr. Zain Al-Abdin Raouf
Ph.D. Materials/Engineering collage– Baghdad University
Hasan Jasim Mohammad Al-Badri
M.Sc. Structure / Engineering collage– Tikreet University
Amar Salem Khazal
M.Sc. Soil & Foundations / Engineering collage –Tikret University

ABSTACT

Wide laboratory search was done to evaluate brick units in single, and test the prisms built from brick unit by use ultrasonic waves in non-destructive test. The results show that the pulse velocity increases with increasing compressive strength and time of construction.

From this paper we can estimate compressive strength for building unit by find the equation of the curve ,then we can estimate compressive strength for building sample, for example bricks from pulse velocity of ultrasonic waves without need destructive test .

KEWORDS